Über die Reinigung
der Stärkefabrikabwässer.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG

DER PHILOSOPHISCHEN DOCTORWÜRDE

VORGELEGT DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT DER

UNIVERSITÄT BASEL

VON

HEINRICH SEELOS.

BASEL
Buchdruckerei Kreis, Petersgraben 21
1898.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548622_0152

Über die Reinigung der Stärkefabrikabwässer.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG

DER PHILOSOPHISCHEN DOCTORWÜRDE

VORGELEGT DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT DER

UNIVERSITÄT BASEL

VON

HEINRICH SEELOS.

AGAD. UNIV. BAT. BASEL

BASEL
Buchdruckerei Kreis, Petersgraben 21
1898.

SEINEN LIEBEN ELTERN

IN DANKBARKEIT

GEWIDMET

VOM

VERFASSER.

Die vorliegende Arbeit wurde auf Veranlassung und unter Leitung des

HERRN GEH. MEDIZINALRAT

PROFESSOR DR. LÖFFLER

im hygienischen Institut der Universität Greifswald

im Winter-Semester 1896/97 und Sommer-Semester 1897 angefertigt.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Geheimerat *Löffler*, an dieser Stelle meinen bleibenden wärmsten Dank auszusprechen für die Anregung, Unterstützung und die Ratschläge, die er mir bei der Ausführung dieser Arbeit und während meiner übrigen Thätigkeit am Hygienischen Institut in liebenswürdigster Weise zu Teil werden liess.

Reinigung der Stärkefabrikabwässer.

Ununterbrochen wurden Klagen laut, dass die Abgangswässer aus Fabriken mangelhaft gereinigt oder gar ungereinigt in die öffentlichen Wasserläufe gelangen und so die Fischzucht gefährdeten und überdies noch die ganze Umgebung durch ihren höchst unangenehmen Geruch belästigten. Ganz besonders waren es die Stärkefabrikabwässer, die zu derartigen Klagen Anlass gaben.

Daher wurde es ein dringendes Gebot, so gut als möglich diesen Missständen Abhilfe zu schaffen. So vielseitig nun auch die Bemühungen waren, gelang es doch nur unvollkommen, ein Verfahren zu schaffen, welches der Leistungsfähigkeit und gleichzeitig auch der Rentabilität vollkommen entsprochen hätte.

Während die Abwässer aus Getreidestärkefabriken durch geeignete Behandlung direkt zu Düngerzwecken verarbeitet werden können, war dies bei den hierdurch erwachsenden, verhältnismässig hohen Umkosten für die sehr viel phosphorärmeren Kartoffelstärkefabrikabwässer nicht lohnend, weshalb sich die folgenden Versuche auch nur auf solche erstrecken sollen. Zu diesen Schwierigkeiten bezüglich der Rentabilität kam noch, dass die bisher üblichen Untersuchungsmethoden für den Gehalt an organischen Stoffen in Abwässern sehr ungenau und für die richtige Beurteilung eines Reinigungsverfahrens durchaus nicht aus-

reichend waren. — Es waren dies die Oxydierbarkeitsprüfung mit Kaliumpermanganat und die Rückstandsbestimmung bez. der Glühverlust.

So fand ich bei allen meinen Versuchen, dass beide Methoden, namentlich die erstere, je nach dem Gehalte der Abwässer an Nitriten und andern Verunreinigungen wechselnde und fehlerhafte, somit unbrauchbare Resultate ergaben. Ebenso lückenhaft erwies sich die Rückstandsbestimmung durch Verdampfen und nachfolgendes Austrocknen, je nach dem Gehalte an mehr oder weniger leichtflüchtigen organischen Stoffen und je nach der innegehaltenen Trocknungstemperatur (105°, 110°, 125° etc.).

Waren nun die Abwässer mit gewissen Chemikalien, namentlich aber Kalkmilch, behandelt worden, wie es in den nachfolgenden Versuchen regelmässig geschah, so wurde die zuerst genannte Methode der Untersuchung sehr viel ungenauer, die letztere aber ganz unbrauchbar.

Aus diesem Grunde wünschte Herr Geheimerat Löffler, dass ich bei allen meinen Versuchen neben der Oxydierbarkeitsprüfung eine Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl vornehmen sollte.

Leider war es mir trotz vielfacher Bemühungen nicht möglich, aus der in der Nähe befindlichen Kartoffelstärkefabrik ein natürliches Abwasser zu bekommen, da die «Kampagne» immer nur kurze Zeit eröffnet war. Ich war also darauf angewiesen, meine Versuche an einem von mir künstlich hergestellten Kartoffelabwasser zu machen. Hierbei glaubte ich, darauf achten zu müssen, das Abwasser in der Zusammensetzung dem natürlichen möglichst ähnlich zu machen und bei allen Versuchen unter thunlichst gleichen Verhältnissen, namentlich bezüglich der Konzentration zu arbeiten. Da aber die Kartoffeln von sehr wechselndem Gehalte an Wasser und Eiweissstoffen etc. sind, war dies nur unvollkommen möglich, namentlich, weil immer nur verhältnismässig geringe Mengen des Ab-

wassers der leichten Zersetzbarkeit wegen in Arbeit genommen werden konnten.

Zu obigem Zwecke suchte ich mir nun möglichst ausführliche Analysen von natürlichem Kartoffelabwasser zu beschaffen, konnte aber in der mir zu Gebote stehenden Litteratur nur eine solche von König «Verunreinigung der Gewässer» und eine andere von Dr. Wimmer in Stettin erhalten, welche beide ich mit einigen Vergleichungszahlen der von mir in Greifswald hergestellten Abwässer hier folgen lasse.

Gleichzeitig möchte ich hier erwähnen, dass ich ausser dem genannten Werke von König und «die Abwässer der Fabriken» von Dr. H. Benedikt keine Abhandlung finden konnte, die irgend etwas Spezielles über Reinigung der Stärkefabrikabwässer enthalten hätte.

Tabelle No. 1. (Prof. König).

Die Zahlen bedeuten mg pro liter	Organ. Stoffe	Darin Stick-stoff	Mineral. Stoffe	Kali	Phos-phor-säure	Ammo-niak	Salpeter-säure	Kalk
Kartoffel-Stärkeabwasser	1134,2	140,67	723,8	212,5	56,6	37,4	3,8	—

Tabelle No. 2. (Dr. Wimmer.)

Ort der Untersuchung	Gelöste Stoffe in mg pro lit.			Suspendierte Stoffe in mg pro lit.			Sauerstoffverbrauch in mg pro lit.			Gesamt-Stickstoff nach Kjeldahl in mg pro lit. Gelöste und suspendirte Stoffe
	Abdampf-Rückstand bei 105°	Glühverlust (organ. Stoffe)	Mineralischer Rest	Glühverlust (organ. Stoffe)	Mineralische Stoffe	In Summa	Gelöste Stoffe	Suspendierte Stoffe	In Summa	
Dr. Wimmer	994,0	730,0	264,0	476,1	7,1	483,2	—	—	104,0	—
Greifswald	1765,0	1225,0	540,0	28,0	8,1	36,1	307,4	13,84	321,2	107,8
Greifswald	1105,0	700,0	405,0	144,0	12,0	156,0	181,6	41,6	223,2	55,8
Greifswald	1945,0	1235,0	710,0	—	—	—	—	—	340,8	110,0

Da mir die beiden Analysen der Tabelle 1 und 2 zur allgemeinen Orientierung über die Beschaffenheit natürlicher Kartoffelabwässer nicht genügenden Aufschluss geben konnten, wandte ich mich, um auch über die Menge der täglich produzierten Abwässer und dergleichen mehr orientiert zu werden, an mehrere Stärkefabriken. Diesen Schreiben legte ich jeweils einen Fragebogen folgenden Inhalts bei:

1. Nach welchem Verfahren geschieht die Fabrikation und namentlich das Auswaschen der Stärke?

2. Wie viel Zentner Kartoffeln werden täglich verarbeitet?

3. Wie viel Abwasser resultiert aus einem Zentner Kartoffeln?

4. Auf welche Art werden Ihre Stärkefabrikabwässer beseitigt, bezw. gereinigt, und welches sind Ihren praktischen Erfahrungen gemäss die Erfolge des betreffenden Verfahrens?

5. Welche Kosten verursacht die Abwässerreinigung täglich oder pro Zentner Kartoffeln?

6. Wie ist die Beschaffenheit des Abwassers, wenn es unmittelbar aus der Fabrik kommt, — also ungereinigt — bezw. Reaktion, Schäumen, Farbe und Geruch, und wenn es ungereinigt längere Zeit stehen bleibt (in Klärbassins)?

7. Welches ist die Beschaffenheit des nach Ihrer Methode gereinigten Abwassers?

8. Es wäre von besonderem Interesse, zu erfahren, wie viel organische Stoffe die Abwässer vor und nach der Reinigung enthalten, d. h. welche Wirkung durch die chemische Reinigung erzielt wird?

Auf diese Schreiben bekam ich leider nur von einer Fabrik eine einigermassen ausführliche Antwort, die im wesentlichen ungefähr folgendermassen lautete:

«Ad 1. Aus einem Zentner Kartoffeln erhält man 9 bis 10 kg Kartoffelstärke von ca. 18—20 % Wassergehalt.

Fruchtwasser erhält man ca. 40 ltr, die im ganzen um das Zehnfache mit frischem Wasser verdünnt werden. Dadurch entstehen pro Zentner Kartoffeln ca. 400 ltr Abwasser.

Ad 2. Während der Kartoffelkampagne werden täglich 7200 Zentner Kartoffeln verarbeitet. (Man erhält daraus, je nach dem Stärkegehalt der Kartoffeln, 67 500 kg Stärke von 18—20 % Wassergehalt.)

Ad 3. Die Verarbeitung der Kartoffeln ist folgendermassen: Die Kartoffeln werden auf Waschmaschinen mittelst reinen Flusswassers gründlich reingewaschen, so dass weder Sand noch Lehmteile daran haften bleiben. Die so gereinigten Kartoffeln werden auf Reibmaschinen oder Mühlen unter beständigem Wasserzufluss ganz fein gerieben, und der feine Kartoffelbrei kommt sodann über eine grosse Anzahl Schüttelsiebe, die mit feinster Seidegaze überspannt sind. Unter beständigem Zufluss von reinem Wasser werden so die Stärkekörner von dem Faserstoff geschieden. Die durchgehende Stärkemilch kommt nun auf Absatzschlemmrinnen, wo sich das Wasser von der Stärke abscheidet. Nach mehrmaligem Waschen und Abschlemmen kommt die Stärke nach den Centrifugaltrockenmaschinen, wo das Wasser bis auf 35 % abgeschleudert wird, und von da auf kontinuierlich arbeitende Dampftrockenmaschinen, durch die alles Wasser bis auf 18—20 % ausgetrieben wird. Zur Herstellung von Kartoffelmehlen werden Mühlen und Sichtmaschinen verwendet.

Ad 4. Man hat zwei verschiedene Arten von Abwässern, welche getrennt werden und zwar laufen die sandigen und lehmigen Abwässer von den Kartoffelwaschwässern, nachdem sie grössere Absatzbassins für Sand und Lehm passiert haben, direkt zum Flusse. Die Abwässer aus der Stärkefabrik dagegen passieren zunächst 32 grosse, flache Absatzbassins, worin sich noch die etwaige Stärke und der Faserstoff absetzt. Das Wasser läuft von da,

ohne gereinigt zu werden, hier in den Fluss, der eine starke Strömung hat. Dagegen wurde dies einer Fabrik an einem andern Orte untersagt, weil die Strömung des dortigen Flüsschens zu gering wäre und dadurch die Fische, Aale etc. ausgerottet werden könnten. Diese Abwässer wurden dann auf ein über 80 Morgen grosses Stück Land gepumpt, welches kieshaltig war und so «berieselt» werden sollte. Schon nach einem Monat verschlammte dieses Land derart und wurde so wenig durchlässig, dass die Verarbeitung der Kartoffeln aufgegeben werden musste und nur noch das Raffinieren der feuchten Rohstärke betrieben werden konnte.

Versuche mit chemischer Reinigung wurden öfters gemacht, jedoch alle ohne den gewünschten Erfolg. Dasjenige Verfahren, das sich noch am meisten geeignet hätte, war das für Zuckerfabrikabwässer allgemein eingeführte «Hulva'sche» Reinigungsverfahren. Dasselbe ist folgender Art nach König, Seite 280: «Zu dem Verfahren gehören drei in der Kälte sich vollziehende Operationen und zwar:

1. Eine Scheidung und Fällung des Schmutzwassers mittelst eines Pulvers von neuer und eigentümlicher Zusammensetzung. (Nämlich ein Salzgemisch von Eisen-, Thonerde- und Magnesiapräparaten, dazu Kalk mit besonders präparierter Zellfaser.)

2. Eine Saturation der geklärten, stark alkalischen Flüssigkeit mittelst Kohlensäure.

3. Der Zusatz von sehr geringen Mengen von schwefliger Säure zu der saturierten, schwach alkalischen bis neutralen Flüssigkeit behufs besserer Konservierung derselben.»

Dieses Verfahren war für die Stärkeindustrie zu teuer, da es pro Kubikmeter Abwasser ungefähr 12 Pfennig, also für Kartoffelstärkefabrikabwässer täglich annähernd 300 Mark kosten würde.»

Tabelle No. 3.

Bezeichnung und Tag der Probenahme	Physikalische Eigenschaft		Suspendierte Stoffe			Gelöste Stoffe			Härte	Cl	SO^3	HNO^2	HNO^3	NH^3
	Farbe etc.	Reaktion	Mineralische Stoffe	Organ. Stoffe (Glühverlust)	In Summa	Abdampf-Rückstand bei 110°	Organ. Stoffe (Glühverlust)	Zur Oxydation der organ. Stoffe verbraucht $KNnO^4$	(Deutsche Grade)					
Geklärtes Abwasser 15. VI. 1894	schwach gelb klar	schwach alkalisch	5,3	2,7	8,0	324,0	110,0	50,0	9,6	17,7	26,2	—	—	Spuren
Geklärtes Abwasser 23. VI. 1894	„	„	4,8	2,9	7,7	290,0	90,0	49,4	10,6	17,7	27,4	—	—	„
Flusswasser vor Einfluss des Abwassers	wenig gelb geringe Trübung	„	—	—	—	220,0	20,0	15,3	8,4	17,7	11,0	—	—	„
Flusswasser nach Einfluss des Abwassers	„	„	—	—	—	220,0	20,0	15,5	8,4	17,7	12,0	—	—	„

So lautete die Antwort der einen Stärkefabrik, an die ich mich unter andern gewandt hatte. Zu diesen Angaben schickte mir diese Fabrik auf meinen Wunsch die von dem Chemiker Dr. Wimmer in Stettin gemachte Analyse ihrer Kartoffelabwässer. Dieselben waren nach einem eigenen Verfahren des Fabrikchemikers gereinigt worden und zwar mit Alaunerde, Kieserit, Eisenvitriol und Kalk. Es wurden die gereinigten Abwässer für sich untersucht und zwar an zwei verschiedenen Tagen, sowie der betreffende kleine Fluss vor und nach Einfluss der Abwässer. (Tab. 3.)

Leider fehlte bei dieser Tabelle die Analyse des entsprechenden ungereinigten Abwassers, sie konnte daher nur als Anhaltspunkt dienen, in welchem Zustande ein geklärtes Abwasser unbeanstandet in einen Fluss mit sehr geringer Strömung fliessen durfte, was bei dem von dem Fabrikchemiker gebrauchten Reinigungsverfahren der Fall war. Warum nun dieses Verfahren in der betreffenden Fabrik nicht beibehalten wurde, ob es zu kostspielig war oder ob andere Gründe vorlagen, konnte ich nicht erfahren.

Bei Kartoffelstärkefabrikabwässern versteht man unter dem Begriff «Reinigung» die Entfernung oder Unschädlichmachung derjenigen organischen Stoffe, die sich leicht zersetzen und dann durch die gebildeten Zersetzungsprodukte die oben erwähnte Gefährdung der Fischzucht

oder durch ihren Geruch eine Belästigung der umwohnenden Menschen zur Folge haben können. Man unterscheidet zwei Arten von Reinigung:

1. Die *Berieselung* oder (nach König) die «natürliche» Reinigung, und

2. die Beseitigung der organischen Stoffe durch *chemische Fällungsmittel.*

Bei der Berieselung, die nach «König» die «zweckmässigste Reinigung» sein soll, werden die suspendierten organischen Stoffe vom Boden mechanisch zurückgehalten, während die gelösten Stoffe entweder im Boden direkt absorbiert oder oxydiert und somit mineralisiert werden, um dann den Pflanzen als Nahrung zu dienen. Die Berieselung kann aber nur stattfinden, wenn ein geeignetes und hinreichend grosses Gelände zur Verfügung steht, was namentlich bei der ungeheuren Produktion von Stärkefabrikabwässern nur selten der Fall ist. Es kommt also vorzugsweise nur die chemische Reinigung hier in Betracht, deren Prinzip darauf beruht, dass in dem Abwasser durch chemische Mittel voluminöse, schwere Niederschläge erzeugt werden, die teils mechanisch die suspendierten organischen Stoffe mit sich niederreissen, teils auch direkt auf die gelösten organischen Verbindungen chemisch einwirken, sie oxydieren oder in labilere Körper überführen. Es sind in allen Stärkeabwässern die organischen Stoffe sowohl in gelöster als auch in suspendierter Form enthalten.

Nach König sollen zwar «lösliche organische Stoffe nicht oder nur in geringem Masse» durch chemische Mittel ausgefällt werden können. Durch die bei den nachfolgenden Versuchen angewandte Untersuchungsmethode konnte ich jedoch durch den ganzen Gang meiner Arbeit konstatieren, dass ein nicht unerheblicher Teil von gelösten organischen Stoffen ausgefällt wurde. Um den Beweis hierfür zu erbringen, wurde in einem Falle frisch bereitetes Kartoffelabwasser so oft filtriert, bis es absolut klar und

somit von allen suspendierten Teilchen befreit war. In diesem Abwasser wurden, wie weiter unten ausgeführt werden soll, ungefähr 58 % Gesamtstickstoff durch das betreffende Verfahren entfernt, was doch, da das Wasser weder Salpetersäure noch salpetrige Säure oder Ammoniak enthielt, nur auf organische Verbindungen schliessen lassen konnte.

Was nun die chemischen Fällungsmittel betrifft, die sich in der Praxis bisher noch am meisten bewährt hatten, so sind es vorzugsweise die Chloride und Sulfate des Magnesiums, Eisens, Aluminiums und die kieselsauren Salze des Natriums und Kaliums mit darauffolgendem Zusatz von Ätzkalk oder Ätzkalk allein. Im ersteren Falle bilden sich schwere Hydroxydniederschläge der betreffenden Metalle, die, wie schon erwähnt, mechanisch niederreissend wirkten. Ich konnte aber bei fast allen meinen Versuchen bemerken, dass schon auf Zusatz von Eisenverbindungen auch ohne Kalk eine Farbenänderung, ja sogar ein starker aber feiner Niederschlag entstand. Es scheint also, dass schon Eisensalze allein mit den eiweissartigen Stoffen dieser Abwässer schwer- oder unlösliche Verbindungen eingingen. Mit diesen obgenannten chemischen Fällungsmitteln machte ich nun zunächst eine Anzahl von Vorversuchen. Ich hatte dabei im Auge, die bekannten Methoden nachzuprüfen, um eventuell durch eine Zusammenstellung mehrerer Verfahren mehr zu erzielen, als es bisher bei einem der bekannten erreicht war. — Die Abwässer hierzu wurden so hergestellt, dass sorgfältig gereinigte Kartoffeln mit der zwanzigfachen Menge Wasser zerstampft, und die nach einigen Stunden über dem Kartoffelbrei stehende, schwach getrübte aber stark schäumende Flüssigkeit abgegossen wurde. Bei diesen Vorversuchen beschränkte ich mich bei der Beurteilung des Erfolges der betreffenden Reinigungsverfahren auf allgemeine Erscheinungen, wie verminderte Zersetzbarkeit, geringeres Schäumen u. s. w.

Bezüglich des Schäumens konnte ich nämlich konstatieren, dass, je geringer der Gehalt eines Abwasser an gelösten Eiweissstoffen war, dasselbe im gleichen Verhältnis um so weniger schäumte. Bei einigen Vorversuchen, die mir von besonderer Wichtigkeit zu sein schienen, wurde auch eine Oxydierbarkeitsbestimmung vorgenommen. Die wichtigsten dieser Vorversuche waren folgende:

1. Von dem konzentrirten Kartoffelabwasser wurden 150 ccm zu zwei Liter verdünnt und mit 50 ccm einer Lösung von 10,0 g Magnesiumsulfat, 10,0 g liquor ferri sesquichlorati Ph. G. II und 2,0 g Salpetersäure auf 1000 ccm Wasser versetzt (Lösung I). Nach mehrfachem Umrühren wurde 1,0 g frisch gebrannter Kalk in ca. 50 ccm Wasser angerührt, zugesetzt. Der sofort entstandene voluminöse Niederschlag setzte sich ziemlich rasch ab.

2. Ein ebenso hergestelltes Wasser wurde mit ebensoviel der Lösung, aber 2,0 g Kalk versetzt. Das Absetzen erfolgte etwas rascher. Um zu sehen, ob allein der Kalk massgebend war für das bessere Resultat, wurde

3. ein gleiches Abwasser mit 25 ccm und 2,0 g Kalk versetzt, und

4. mit 2,0 g Kalk allein ohne Lösung,

5. mit 50 ccm der Lösung und 4,0 Kalk. — Dieses Resultat schien besser als die vier ersten zu sein. Das Absetzen erfolgte schon nach drei Minuten und die darüber stehende Flüssigkeit war klar und vollkommen farblos, während das ungereinigte aber verdünnte Kartoffelabwasser rötlich gelb und trüb war.

6. An Stelle von 50 ccm wie bei No. 5 jetzt nur 25 ccm der Lösung I. und 4,0 g Kalk.

Es zeigte sich, dass mit 50 ccm Lösung, wenn auch nicht das Doppelte, so doch bedeutend mehr erreicht wurde als mit 25 ccm.

Zur besseren Übersicht sind diese sechs Vorversuche hier tabellarisch aufgeführt. (Tab. 4.)

Tabelle 4.

No.	Reinigungsverfahren	Sauerstoff-verbrauch **vor** der Reinigung mg pro lit.	Sauerstoff-Verbrauch **nach** der Reinigung mg pro lit.
1	Lösung I 50 ccm + 1,0 g Kalk	128,0	81,2 (36,5%)
2	„ 50 ccm + 2,0 g „	128,0	66,8 (47,7%)
3	„ 25 ccm + 2,0 g „	128,0	88,0 (31,0%)
4	nur 2,0 g „	128,0	90,3 (29,0%)
5	„ 50 ccm + 4,0 g „	128,0	15,6 (88,0%)
6	„ 25 ccm + 4,0 g „	128,0	19,2 (85,0%)

(Die rechts eingeklammerten Zahlen bedeuten den Erfolg der Reinigung in Prozenten.)

No. 5 und 6 dieser Tabelle zeigen die besten Resultate; während No. 1, 2, 3 und 4 verhältnismässig noch stark schäumten und sich bald faulig zersetzten, war dies bei No. 5 und 6 nur in geringem Masse der Fall. Der Zusatz der obenbezeichneten Lösung I bewirkte sowohl in der Farbe der Abwässer eine Änderung, als auch einen feinen, aber dichten Niederschlag, der erst nach Zusatz von Kalk grossflockig mit niedergerissen wurde.

Ähnliche Resultate wurden erzielt, wenn man Oxalsäure, Magnesiumsulfat und Kalk zusetzte. Es schien, als ob der sich bildende feine Niederschlag von oxalsaurem Kalk sehr geeignet sei, die gelösten organischen Stoffe zu verändern, bezw. zur Ausscheidung zu bringen. Ausserdem wurde konstatiert, dass eine längere Einwirkung jedes einzelnen der zugesetzten Ingredienzien bessere Erfolge hatte, als wenn die Mischung der drei Chemikalien gleichzeitig geschah.

Es wurde nun in den folgenden Vorversuchen festgestellt, indem die Zeit, in welcher die einzelnen Zusätze erfolgten, genau beobachtet wurde, ob das Magnesiumsulfat

allein oder nur im Vereine mit Oxalsäure ein gutes Ergebnis lieferten.

7. Das Kartoffelabwasser, welches trüb und gelb aussieht und schwach sauer reagiert, wurde mit 1,0 g Oxalsäure, nach 15 Minuten mit 2,0 g Magnesiumsulfat und nach einer weiteren Viertelstunde mit 4,0 g Kalk versetzt. In den viertelstündigen Pausen wurde öfter umgerührt. Der sich rasch bildende flockige Niederschlag setzte sich in etwa fünf Minuten klar ab. Die Flüssigkeit schäumte fast nicht mehr beim Schütteln.

No. 8 wurde genau ebenso behandelt, nur mit Weglassung der Oxalsäure. Das Absetzen erfolgte ebenso rasch, während das Schäumen etwas stärker war als bei No. 7.

Bei No. 9 wurde das Magnesiumsulfat weggelassen und nur nach einer Viertelstunde der Kalk zugesetzt. Es entstand ein feiner Niederschlag, der sich nur schwer absetzte. Das Wasser war noch gelblich trüb und eine filtrierte Probe schäumte noch stark.

Der nun folgende Versuch No. 10 wurde mit einem hiesigen Klinikabwasser, welches mit Fäkalien, Blut etc. verunreinigt war, vorgenommen, um ein vergleichendes Bild zu bekommen, wie die Wirkung der obigen Chemikalien auf diese Art Abwässer sei. Es wurde nur mit 2,0 g Magnesiumsulfat und 4,0 g Kalk, und

No. 11 mit 2,0 g Magnesiumsulfat, 1,0 g Oxalsäure und 4,0 g Kalk versetzt.

Beide Versuche fielen unbefriedigend aus, die Abwässer waren nach der Reinigung noch gelb gefärbt, trübe und setzten sich schlecht ab. Gleichzeitig sollte bei diesen fünf Versuchen untersucht werden, ob sich, wie früher öfters, insbesonders auch von König behauptet wurde, nach längerem Stehen der geklärten Abwässer, die Oxydierbarkeit erhöhte. König schreibt nämlich in seinem schon mehrfach erwähnten Buche (Seite 182) wie folgt:

«Man findet nicht selten, dass die mit einem Überschuss von Kalk behandelten Abwässer sogar mehr organische Stoffe in Lösung enthalten, als die ursprünglichen Abwässer. Dieses lässt sich nur so erklären, dass der überschüssige Kalk zersetzend auf die suspendierten organischen Schlammstoffe wirkt und davon einen Teil in eine lösliche Form überführt.»

Diese fünf Vorversuche sind hier tabellarisch aufgeführt. (Tabelle 5.)

Tabelle No. 5.

No.	Sauerstoffverbrauch in mg pro liter			Beschaffenheit	
	ungereinigt	gereinigt	nach 48 Stunden	ungereinigt	gereinigt
7	213,6	24,0 (88%)	30,8	gelblich trüb schwach sauer	klar, farblos alkalisch
8	221,6	23,2 (89%)	38,8	ebenso	ebenso
9	204,0	80,0 (60%)	64,4	ebenso	schwach gelbl. trüb, alkalisch
10	58,4	37,6 (36%)	37,4	gelblich trüb neutral	ebenso
11	58,4	38,5 (36%)	37,0	ebenso	ebenso

Die eingeklammerten Zahlen bedeuten den Reinigungswert in Prozenten.

Bei No. 7 und 8 schien wirklich ein Teil der suspendierten organischen Substanz wieder gelöst worden zu sein, während sich wahrscheinlich bei No. 9 der suspendierte Niederschlag, bevor er durch den überschüssigen Kalk wieder gelöst werden konnte, abgesetzt hatte.

Die folgenden weiteren Vorversuche wurden nun mit einem etwas stärkeren Kartoffelabwasser angestellt. Der Zusatz der Salze geschah in ungefähr einprozentiger Lösung, und der Kalk wurde wie bisher mit 50 bis 100 ccm Wasser angerührt. (Tabelle 6.)

Tabelle No. 6.

No.	Reinigungsverfahren	Sauerstoff-Verbrauch in mg pro liter		Beschaffenheit	
		ungereinigt	gereinigt	ungereinigt	gereinigt
12	Magnesiumsulfat 1,0 Kalk 2,0	312,48	111,2 (64%)	Geruch nach frischen Kartoffeln, gelbbraun, trüb, schwach sauer	gelb, trüb, alkalisch
13	Magnesiumsulfat 1,0 Kalk 4,0	312,48	96,8 (69%)		ebenso
14	Magnesiumsulfat 2,0 Kalk 2,0	312,48	11384, (63%)		ebenso
15	Magnesiumsulfat 2,0 Kalk 4,0	312,48	86,4 (72%)		klar, farblos, alkalisch
16	Magnesiumsulfat Eisensulfat aa 1,0 Kalk 2,0	312,48	93,6 (70%)		opalescierend farblos, alkal.
17	Magnesiumsulfat Eisensulfat aa 1,0 Kalk 4,0	312,48	63,2 (79%)		klar, gelblich, alkalisch
18	Magnesiumsulfat Eisenchlorid aa 1.0 Kalk	312,48	96,9 (69%)		trüb, gelb, neutral

Die eingeklammerten Zahlen bedeuten den Reinigungswert in Prozenten.

Bei No. 12, 14 und 18 scheint der Zusatz von Kalk nicht genügend gewesen zu sein, während No. 15, 17, auch noch No. 16 befriedigende Resultate lieferten.

Sowohl die hier aufgeführten Vorversuche, als auch sehr viele, denen hier nicht Erwähnung geschieht, zeigten, dass namentlich Magnesiumsulfat, Eisensulfat und Eisenchlorid mit einem darauffolgenden, nicht zu geringen Zusatze von Kalk die besten Resultate ergaben.

Ausserdem bemerkte ich, dass das ungereinigte Abwasser nach längerem Stehen sich zersetzte und diese Zersetzung um so schneller und intensiver vor sich ging, je schlechter die Kartoffeln zuvor gereinigt und je wärmer der Aufbewahrungsort war.

Frisch bereitetes Kartoffelabwasser reagierte durch die in Lösung befindlichen Fruchtsäuren der Kartoffeln schwach sauer, hatte den Geruch nach frischen Kartoffeln und setzte der chemischen Reinigung viel mehr Widerstand entgegen, als älteres in Zersetzung begriffenes Abwasser. Letzteres reagierte alkalisch oder neutral und wies einen starken Geruch nach Trimethylamin auf.

So erschien es durchaus begreiflich, dass durch den Zusatz von gelöschtem Kalk bei den frisch bereiteten Abwässern zuerst die saure Reaktion aufgehoben werden musste, bevor eine Wirkung des Kalkes auf die Magnesium-, Aluminium- oder Eisensalze sich geltend machen konnte. War nun noch der offizinelle käufliche liquor ferri sesquichlorati durch einen Gehalt an freier Salpetersäure stark sauer, so musste auch dieser Umstand störend wirken. Es wurde deshalb bei einigen späteren Versuchen anstatt der offizinellen Eisenchloridlösung das ferrum sesquichloratum sicc. in einprozentiger wässriger Lösung verwandt.

Bei den nun folgenden Versuchen, die sich auf die soeben angeführten Vorversuche stützen sollten, wurden an chemischen Fällungsmitteln vorzugsweise wieder Magnesiumsulfat, Eisenchlorid und Eisensulfat auf ihre Leistungsfähigkeit geprüft. Hierbei wurde ausser der Oxydierbarkeitsprüfung noch eine Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl vorgenommen, bei der mir die in der «Zeitschrift für Hygiene» veröffentlichte Arbeit von «Proskauer und Zülzer,» «Über die Anwendbarkeit der Kjeldahl'schen Methode und ihrer Modifikationen bei hygienischen Untersuchungen,» einige praktische Winke an die Hand gab. Die Ausführung dieser Stickstoffbestimmungsmethode war folgendermassen:

100 ccm des (ungereinigten) Abwassers wurden, um eventuell vorhandene flüchtige Stoffe zu binden, mit 5 ccm verdünnter Schwefelsäure und etwas Zinkstaub, um etwa vorhandene Nitrate in Ammoniak überzuführen, in einem langhalsigen Kaliglaskolben auf ca. 5—10 ccm eingedampft. In diesem Kolben wurde auch die Digestion mit der konzentrierten Säure und zwar auf einem Drahtnetze, das auf einer Asbestscheibe ruhte, und welche beide der Form des Kolbenbodens angepasst waren, vorgenommen. Diese Einrichtung gestattete eine ganz allmähliche Temperatursteigerung, welche für die vollständige Überführung der stickstoffhaltigen organischen Stoffe in Ammoniak von wesentlicher Bedeutung ist. Als Digestionsflüssigkeit konnte das von Proskauer und Zülzer angegebene Säuregemisch (800 ccm reine konzentrierte Schwefelsäure, 100 g Phosphorsäureanhydrid und 200 ccm rauchende Schwefelsäure), deshalb nicht Verwendung finden, weil sowohl das Phosphorsäureanhydrid als auch insbesondere die rauchende Schwefelsäure fast immer mit Spuren von Stickstoff verunreinigt sich erwiesen. Bei der Stickstoffbestimmung von Abwässern, namentlich in gereinigtem Zustande kommen aber nur so geringe Stickstoffmengen in Betracht, dass auch die geringste Verunreinigung der Reagenzien mit Stickstoff die Genauigkeit der Resultate beeinträchtigen würde. Es wurde daher nur reine konzentrierte Schwefelsäure von dem spez. Gew. 1,84 benützt, die von E. Merck in Darmstadt eigens zu Stickstoffbestimmungen hergestellt wurde.

Mit 20 ccm dieser Schwefelsäure und unter Zusatz von 0,5 g chem. reinem Kupferoxyd wurde das in oben angegebener Weise eingedampfte Abwasser unter anfangs mässiger, dann langsam gesteigerter Erhitzung so lange digeriert, bis die Flüssigkeit klar und smaragdgrün geworden war, was meistens 1 bis 2 Stunden dauerte. Nach dem Erkalten wurde der Kolbeninhalt mit 200 ccm

Wasser in einen Kochkolben gespült und die sich stark erwärmende Flüssigkeit abermals erkalten gelassen. Nach den möglichst rasch aufeinanderfolgenden Zusätzen von chem. reinem Zinkstaub und vorsichtigem Darunterschichten von 100 ccm einer Lösung von einem Teil reinen Natronhydrats in zwei Teilen Wasser (spez. Gew. 1,36), wurde der Kochkolben rasch geschlossen, resp. mit dem Liebig'schen Kühler verbunden und unter allmählicher Erhitzung das Ammoniak abdestilliert. Die Natronlauge wurde vor dem Gebrauche, um sie sicher ammoniakfrei zu haben, längere Zeit erhitzt. Der Zusatz von Zinkstaub geschah, um das unangenehme Stossen beim Kochen zu verhüten.

Das überdestillierende Ammoniak wurde in einem mit 25 ccm ein Zehntel-, in einigen Fällen auch ein Hundertel-Normalschwefelsäure beschickten «Erlenmeyer-Kolben» eingeleitet. Um sicher alles Ammoniak frei zu machen, wurde so lange destilliert, bis 180 ccm Wasser übergegangen waren. Nach Proskauer und Zülzer (Seite 192) sollte nämlich diese Menge genügen, um sicher zu gehen, dass alles Ammoniak überdestilliert war. Titriert wurde sodann mit ein Zehntel, bezw. ein Hundertel Normalnatronlauge, wobei als Indikator fünf Tropfen einer kalt gelösten, konz. wässrigen Congolösung dienten und eine ziegelrote Farbe das Ende der Reaktion anzeigte. In dieser Weise und unter genauer Innehaltung der gleichen Versuchsbedingungen wurden alle Stickstoffbestimmungen ausgeführt. Ausserdem kontrollierte ich jeden vierten Versuch durch eine Wiederholung desselben. Ebenso wurden des öftern die einzelnen Reagenzien und das destillierte Wasser auf etwaige stickstoffhaltige Verunreinigungen geprüft. Während im allgemeinen sich die Reagenzien als vollkommen stickstofffrei erwiesen, zeigte sich in einem Falle, dass das destillierte Wasser 0,0007 % Stickstoff enthielt. Da durch eine Kontrollprobe ungefähr die gleiche Zahl konstatiert wurde, nämlich 0,0006, wurde bei den mit diesem Wasser be-

handelten Versuchen der Durchschnitt 0,00065 in Abzug gebracht. Die übrigen Kontrollversuche zeigten fast immer bis auf die dritte Dezimalstelle übereinstimmende Resultate.

Wie schon oben erwähnt, hatten die Vorversuche ergeben, dass sich als chemische Fällungsmittel Magnesiumsulfat, Eisenchlorid und Eisensulfat ganz besonders eigneten. Es sollten deshalb die nun folgenden Versuche an der Hand der soeben ausgeführten Stickstoffbestimmungsmethode über die Leistungsfähigkeit dieser Chemikalien genaueren Aufschluss geben. Der besseren Übersicht wegen wurden auch diese Versuche tabellarisch zusammengestellt. (Tabelle 7.)

Bei diesen und den späteren Versuchen wurden 30 bis 35 cm hohe und ca 20 cm weite, cylindrische Glasgefässe benützt, die ein besseres Beobachten der einzelnen Vorgänge, wie Farbenwechsel, Schäumen gestatteten, als die bei den Vorversuchen verwandten Bechergläser. Zu jedem Versuche wurden ungefähr 2,5 ltr Wasser in Arbeit genommen, das in folgender Weise hergestellt wurde:

Zu 12 Liter Abwasser wurde ein kg Kartoffeln mit Wasser unter Zuhülfenahme einer Bürste gereinigt, aber ungeschält durch eine Zermalmungsmaschine getrieben. Der Kartoffelbrei wurde sodann mehrere Stunden unter bisweiligem Umrühren beiseite gestellt, und endlich das beinahe klare, rotbraungefärbte Wasser abgegossen. Auch die in der Tabelle No. 7 aufgeführten Reinigungsversuche wurden schon mit dem so hergestellten, sehr konzentrierten Abwasser angestellt.

Tabelle No. 7.

No.	Reinigungsverfahren	Sauerstoffverbrauch in mg pro lit.		Gesamt-Stickstoff in mg pro lit.		Beschaffenheit	
		ungereinigt	gereinigt	ungereinigt	gereinigt	ungereinigt	gereinigt
1	Chlormagnesium, Eisenchlorid-Lösung aa 1,0 Kalk 4,0	224,0	73,6 (67,1%)	121,8	54,6 (44,8%)	trüb, braun, schwach sauer	klar, farblos, alkalisch
2	Chlormagnesium, Eisensulfat, Alaun aa 1,0 Kalk 4,0	143,2	35,6 (75,2%)	84,0	52,0 (38%)	"	trüb, Filtrat: farblos, alkalisch
3	Salzlösung I: 50 ccm Kalk 4,0	224,0	74,4 (66,8%)	117,6	57,4 (51,5%)	"	"
4	Magnesiumsulfat, Eisensulfat aa 1,0 Kalk 3,0	143,2	36,4 (75%)	84,5	46,2 (45,4%)	"	klar, farblos, alkalisch
5	Chlormagnesium, Kaliwasserglas, Eisenchlorid-Lösung aa 1,0 Kalk 4,0	220,0	76,8 (65%)	118,6	67,6 (43%)	"	opalescierend, gelblich, neutral
6	Chlormagnesium, Natronwasserglas, Eisensulfat aa 1,0 Kalk 4,0	224,0	56,0 (79,5%)	120,0	53,4 (55,5%)	"	klar, farblos, alkalisch
7	Chlormagnesium, Eisensulfat aa 1,0 Kalk 4,0	111,84	39,6 (64,7%)	91,0	39,2 (57%)	trüb, braun, neutral und schon teilweise zersetzt	"
8	Magnesiumsulfat, Eisensulfat aa 1,0 Kalk 4,0	111,84	44,4 (60,5%)	91,0	50,4 (44,5%)	"	"
9	Chlormagnesium, ferr. sesquichlorat. sicc. aa 1,0 Kalk 4,0	111,84	31,2 (73%)	91,0	38,7 (57,5%)	"	"
10	Chlormagnesium, ferr. sesquichlorat. sicc. aa 1,0 Natronwassergl. 2,0 Kalk 4,0	111,84	34,0 (70%)	91,0	36,7 (59,7%)	"	"

Die eingeklammerten Zahlen bedeuten den Reinigungswert in Prozenten.

Aus der genannten Tabelle (No. 7) geht hervor, dass Magnesiumsulfat und Chlormagnesium ungefähr von gleicher Wirkung sind, ferner dass ein Zusatz von Kalium- oder Natronwasserglas, wie er für Zuckerfabrikabwässer empfohlen wird, den Reinigungseffekt nicht wesentlich erhöht. Es wurde deshalb bei den späteren Versuchen von diesem Zusatze abgesehen, da derselbe das Verfahren doch nur verteuern würde.

An der Hand dieser Versuche glaubte ich nun den Beweis erbringen zu können, dass durch chemische Fällungsmittel, wie schon bei Eingang dieser Arbeit bemerkt wurde, nicht nur suspendierte, sondern auch ein **grosser** Teil von gelösten organischen Stoffen beseitigt wurden. Ich suchte dies in der Weise auszuführen, dass ich bei Versuch No. 9 das frisch bereitete Kartoffelabwasser durch ein doppeltes, angefeuchtetes Filter schickte und so ein absolut klares Wasser erhielt. Es wurden sowohl mit dem filtrierten wie unfiltrierten Wasser das gleiche Reinigungsverfahren vorgenommen. Das Ergebnis war folgendes:

Unfiltriertes	*Abwasser hatte*		**ungereinigt: Stickstoff**	*i. mg. p. l.*		**91,0**
„	„	„	**gereinigt:**	„	„	**38,7**
Filtriertes	„	„	**ungereinigt:**	„	„	**88,2**
„	„	„	**gereinigt:**	„	„	**38,56**

Man konnte also durch das betreffende Verfahren ungefähr **58 Prozent gelöste organische Stoffe** entfernen, beziehungsweise ausfällen. Wie bereits erwähnt, konnte diese Abnahme des Gesamtstickstoffgehaltes in diesem Abwasser nicht von anorganischen Verbindungen herrühren, da dasselbe, wie eine genaue Untersuchung ergab, vollkommen frei war von Salpetersäure, salpetriger Säure und Ammoniak. Die Oxydierbarkeit war sogar bei den so gereinigten Abwässern um ca. 75 % gesunken.

Was die Reihenfolge etc. der Zusätze betrifft, so geschah dieselbe mit dem besten Erfolge immer in der

Art, dass zuerst die ungefähr einprozentig gelösten Salze und nach etwa zehn Minuten unter bisweiligem Umrühren der mit dem fünfzigfachen Wasser gut angerührte Kalk hinzugegeben wurde. Sodann wurde nochmals etwa 3—5 Minuten hindurch öfters umgerührt und nun ruhig absitzen gelassen. Weitere Versuche über die erforderlichen Mengenverhältnisse der einzelnen Zusätze sind auf Seiten 29 und 30 in der Tabelle No. 8 zusammengestellt. (Vgl. Tabelle No. 8.)

Die Ergebnisse dieser Versuchsreihe bestätigten im allgemeinen das früher Gesagte. Magnesiumsulfat allein wirkte nicht so gut ausfällend auf die organischen Stoffe als im Vereine mit einer Eisenverbindung. Bezüglich der erforderlichen Menge schien sowohl Eisenchlorid wie Magnesiumsulfat zu 0,05 Prozent und Kalk zu etwa 0,2 Procent die besten Resultate zu liefern.

Eine weitere Zugabe von Thonerdepräparaten, wie es auch schon für andere Abwässer vorgeschlagen wurde, schien den Reinigungswert nur unwesentlich zu erhöhen.

Für die nächsten Versuchsreihen wurden zwei Lösungen hergestellt, von denen die eine 10,0 g Magnesiumsulfat, 15,0 g offiz. Eisenchloridlösung und 2,0 ccm offiz. Salpetersäure in 1000 ccm Wasser gelöst enthielt, während die zweite 15,0 g Eisensulfat, 10,0 g Magnesiumsulfat und ebenfalls 2,0 ccm offiz. Salpetersäure im Liter enthielt. Die erstere wurde mit Lösung II, die letztere mit Lösung III bezeichnet.

Der Zusatz von Salpetersäure sollte den Zweck haben, die gelösten organischen Stoffe zu oxydieren bezw. in unlösliche oder schwer lösliche Form überzuführen.

Tabelle 8.

No.	Reinigungsverfahren	Sauerstoff-Verbrauch in mg pro lit.		Gesamt-Stickstoff in mg pro lit.		Beschaffenheit	
		ungereinigt	gereinigt	ungereinigt	gereinigt	ungereinigt	gereinigt
11	Magnesiumsulf. 0,5 Kalk 3,0	379,2	314,4 (17,1%)	131,6	98,0 (25,5%)	trüb, rotbraun, sauer, Kartoffelgeruch	trüb, gelblichweiss, neutral
12	Magnesiumsulf. 0,5 Kalk 4,0	379,2	300,0 (21%)	131,6	95,4 (28%)	"	"
13	Magnesiumsulf. 0,5 Kalk 5,0	248,0	150,4 (39,5%)	96,88	70,0 (28%)	"	etwas heller, schwach alkalisch
14	Chlormagnes. 1,0 Kalk 3,0	248,0	184,8 (25%)	104,16	77,0 (26%)	"	gelblich, neutral
15	Chlormagnes. 1,0 Kalk 4,0	248,0	185,6 (24,5%)	89,6	54,6 (40%)	"	beinahe farblos, alkalisch
16	Magnesiumsulf. 2,0 Kalk 3,0	248,0	191,2 (27%)	96,5	63,0 (35%)	"	schwach gelblich, opalesc., neutral
17	Chlormagnes. 2,0 Kalk 4,0	248,0	181,6 (27%)	96,5	62,0 (36%)	"	heller, opalesc., alkalisch
18	Magnesiumsulf. 2,0 Kalk 5,0	248,0	203,2 (18,4%)	89,6	44,8 (50%)	"	ziemlich klar, farblos, alkalisch
19	Magnesiumsulf. 1,0 ferr. sesquichlor. sicc. 0,5 Kalk 3,0	400,0	288,0 (28,0%)	140,0	109,2 (22%)	"	schlechtes Absetzen neutral
20	Magnesiumsulf. 1,0 ferr. sesquichlor. sicc. 0,5 Kalk 4,0	400,0	248,2 (38%)	140,1	105,0 (25%)	"	schwach gelblich, klar, alkalisch

Tabelle 8 (Fortsetzung).

No.	Reinigungsverfahren	Sauerstoff-Verbrauch in mg pro lit.		Gesamt-Stickstoff in mg pro lit.		Beschaffenheit	
		ungereinigt	gereinigt	ungereinigt	gereinigt	ungereinigt	gereinigt
21	Magnesiumsulf. 1,0 ferr. sesquichlor. sicc. 0,5 Kalk 5,0	400,0	224,0 (44%)	140,1	84,0 (40%)	trüb, rotbraun, sauer, Kartoffelgeruch	bedeutend besser, alkalisch
22	Chlormagnesium ferr. sesquichlor. sicc. aa 1,0 Kalk 3,0	312,0	200,0 (36%)	92,4	67,2 (27,4%)	"	gelblich, trüb, neutral
23	Magnesiumsulf. 1,0 ferr. sesquichlor. sicc. 1,0 Kalk 4,0	312,0	125,6 (60%)	92,4	53,8 (42%)	"	fast klar und farblos, alkalisch
24	Magnesiumsulfat ferr. sesquichlor. sicc. aa 1,0 Kalk 5,0	312,0	140,0 (54,2%)	92,6	58,8 (36,4%)	"	"
25	Chlormagnesium, Alaun, ferr. sesquichlor. sicc. aa 0,2 Kalk 4,0	312,0	251,6 (19,4%)	92,5	91,0 (2%)	"	trüb, gelblich, alkalisch
26	Chlormagnesium, Alaun, ferr. sesquichlor. sicc. aa 0,5 Kalk 5,0	312,0	149,6 (52%)	92,5	77,0 (17%)	"	fast klar, farblos, alkalisch
27	Chlormagnesium, Alaun, ferr. sesquichlor. sicc. aa 1,0 Kalk 4,0	312,0	155,2 (50,3%)	92,4	78,4 (15,2%)	"	"
28	Chlormagnesium, Alaun, ferr. sesquichlor. sicc. aa 1,0 Kalk 5,0	312,0	121,6 (61,1%)	92,4	72,8 (22%)	"	"

Es sei hier noch bemerkt, dass ich zu meinen bisherigen Versuchen Kalk verwandte, der früher im Grossen gebrannt, allmählich aber wieder an der Luft zerfallen war und teils aus Calciumhydroxyd, teils aus Calciumcarbonat bestand. Dieses weisse Pulver wurde jeweils vor dem Gebrauche in den erforderlichen Quantitäten abgewogen und so lange in der Platinschale stark geglüht, bis es durch die ganze Masse grauweiss gefärbt erschien.

Bei den nun folgenden Versuchen wurden frisch gebrannte Marmorkalkstücke gröblich zerkleinert, die einzelnen Portionen abgewogen und in ca 100 ccm Wasser eingelegt. Nach 3 bis 4 Stunden waren die grauen Stücke unter Wasser zu einem ganz weissen Pulver zerfallen, welches durch das darüberstehende, vorher ausgekochte und wieder abgekühlte Wasser an der Aufnahme von Kohlensäure aus der Luft verhindert war. Nun wurde die Kalkmilch gleichmässig angerührt und rasch zugesetzt. Der so hergestellte Kalkzusatz war bei weitem wirksamer als das jedesmal frischgeglühte Kalkpulver. (Vgl. Tabelle No. 9.)

Die Ergebnisse dieser Versuche zeigten, dass ein Zusatz von Salpetersäure nur eine bedeutend grössere Menge Kalk erforderlich machte, aber die oben erwähnten Erwartungen durchaus nicht erfüllte und somit auch den eigentlichen Reinigungseffekt nicht erhöhte.

Bei der Herstellung von Kartoffelabwasser aus geschälten Kartoffeln, bei denen also keinerlei Farbstoff mit in Betracht kam, wurde wiederholt beobachtet, dass durch öfteres Umgiessen viel rascher eine Farbenänderung auftrat und klare Abwässer viel schneller trüb wurden, als beim ruhigen Stehen. Ich schloss hieraus, dass durch das häufige Umgiessen die Luft möglicher Weise eine Oxydation der gelösten eiweissartigen Verbindungen hervorgerufen hatte.

Tabelle No. 9.

No.	Reinigungsverfahren	Sauerstoff-Verbrauch in mg pro lit.		Gesamt-Stickstoff in mg pro lit.		Beschaffenheit	
		ungereinigt	gereinigt	ungereinigt	gereinigt	ungereinigt	gereinigt
29	Lösung II. 10 ccm Kalk 4,0	336,0	208,0 (38%)	108,64	91,0 (16,3%)	rotbraun, trüb, schwach sauer	gelblich, trüb, alkalisch
30	Lösung II. 20 ccm Kalk 4,0	336,0	286,0 (15%)	108,64	81,9 (25%)	"	"
31	Lösung II, 50 ccm Kalk 5,0	336,0	129,6 (62%)	108,64	58,1 (47%)	"	fast farblos, klar, alkalisch
32	Lösung II, 100 ccm Kalk 10,0	336,0	132,0 (61%)	108,64	45,5 (38,1%)	"	"
33	Magnes.-sulf. 1,0 g Eisenchlorid-Lösung 1,5 Kalk 10,0	336,0	104,0 (70%)	108,64	48,72 (56%)	"	"
34	Magnesiumsulf. 0,5 Eisenchlorid-Lösung 0,5 Kalk 4,0	331,2	209,6 (37%)	110,8	80,5 (28%)	"	trüb, gelblich, neutral
35	Magnesiumsulfat Eisenchlorid-Lösung aa 0,2 Kalk 4,0	331,2	194,4 (41,3%)	110,8	53,2 (52%)	"	heller, fast klar, schwach alkalisch
36	Magnesiumsulf. 0,5 Eisensulfat 0,2 ferr. sesquichlor. sicc. 0,2 Kalk 4,0	331,2	208,0 (37%)	110,8	58,8 (47%)	"	"
37	Magnesiumsulfat Eisensulfat aa 0,5 Kalk 4,0	331,2	216,0 (35%)	110,8	61,6 (45%)	"	"
38	Magnesiumsulfat Eisensulfat aa 1,0 Kalk 5,0	331,2	203,2 (38,6%)	110,8	54,6 (51%)	"	"

Die eingeklammerten Zahlen bedeuten den bewirkten Reinigungseffekt in Prozenten.

Andererseits erklärte ich mir das schnellere Auftreten einer Trübung dadurch, dass die reichlichere Zufuhr von atmosphärischem Sauerstoff das Wachstum der in dem Wasser ohnehin schon zahlreich vorhandenen Zersetzungsorganismen begünstigte und so die Flüssigkeit rascher bakterientrüb wurde. Jedenfalls schien es mir nicht unmöglich, durch künstlichen grösseren Zufuhr von Sauerstoff die gelösten organischen Stoffe in einen labileren und somit für die Wirkung von chemischen Fällungsmitteln empfänglicheren Zustand zu bringen. Um mich hiervon überzeugen zu können, musste ich eine Vorrichtung treffen, die es ermöglichte, die ungereinigten Abwässer möglichst fein zu verteilen, wodurch eine grosse, der Luft zugängliche Oberfläche des Wassers geschaffen werden sollte.

Zu diesem Zwecke liess ich ein 1,50 Meter hohes und 1,20 Meter breites, wellig gebogenes Drahtnetz von verzinktem Eisendraht bauen, das eine Maschenweite von 0,35 cm hatte. An diesem Drahtnetz war oben eine Einlaufrinne und unten eine Ablaufrinne mit einem Abflussrohre angebracht. Das Ganze wurde mittelst eines hölzernen Gestelles ungefähr 35 cm über der Erde angebracht, um ein Gefäss darunter stellen zu können. Das ungereinigte Abwasser wurde nun in einem grösseren Gefässe etwas höher als die Einlaufrinne war, aufgestellt und mittelst einer Heberöhre in die Rinne laufen gelassen. Diese Rinne war mit sehr vielen kleinen Öffnungen versehen worden, so dass die Flüssigkeit durch die Rinne hindurchfloss und sich über die ganze Fläche des Drahtnetzes ausbreitete. Von dem Drahtnetze träufelte das Abwasser allmählich in die Ablaufrinne und floss von hier durch das Abflussrohr in das untergestellte Glasgefäss.

Das Herablaufenlassen wurde immer fünfmal wiederholt. Schon beim dritten Male konnte man deutlich den oben beschriebenen Farbenwechsel wahrnehmen. Es wurden alsbald acht Versuche mit einem und demselben Abwasser

angestellt, so zwar, dass 4 nach fünfmaliger «Aerierung» und 4 andere ohne dieselbe mit den gleichen Chemikalien behandelt wurden. (Vgl. Tabelle No. 10.)

Wie die vorstehende Tabelle erkennen lässt, schien es in der That, als ob ein nicht unerheblicher Unterschied an Reinigungseffekt bestand, ob eine vorangegangene gründliche Lüftung der Abwässer stattgefunden hat oder nicht. Die Lösungen II und III fanden deshalb zu diesen Versuchen Anwendung, weil angenommen werden konnte, dass die Salpetersäure bei diesem Verfahren viel besser zur Geltung kommen konnte als bei den nicht aerierten Abwässern. Eine Wiederholung derartiger Versuche bestätigte leider nicht vollständig die guten Resultate der vorigen Tabelle. Ob der Fehler von anderen Zufälligkeiten kam, oder ob die Art der Chemikalien, namentlich das Fehlen der Salpetersäure, die Ursache waren, konnte nicht entschieden werden, insbesondere, da bei allen Versuchen die minimalste, manchmal unvermeidliche Änderung der Versuchsbedingungen, z. B. ein anderer Kalk, kleine Fehler bedingte.

Auf die Oxydierbarkeitsbestimmung wurde bei den nächsten Versuchen verzichtet.

Es sollen mit diesem Aerierungsverfahren auch andere chemische Fällungsmittel geprüft werden, da die Möglichkeit nicht ausgeschlossen schien, dass gewisse Chemikalien, die bisher mehr oder weniger versagt hatten, durch die Aerierung der Abwässer in ihrer Wirkung verstärkt würden. Es waren dies das Aluminiumsulfat und das «Roeckner-Rothe»-Patentmittel, welche beide sich bisher in der Schmutz- und Fabrikabwasserreinigung bewährt hatten.

Einen Überblick dieser Versuchsreihe bietet Tabelle No. 11.

Tabelle No. 10.

No.	Reinigungsverfahren	Sauerstoff-Verbrauch in mg pro lit. ungereinigt	Sauerstoff-Verbrauch in mg pro lit. gereinigt	Gesamt-Stickstoff in mg pro lit. ungereinigt	Gesamt-Stickstoff in mg pro lit. gereinigt	Beschaffenheit ungereinigt	Beschaffenheit gereinigt
39	Ohne Aerierung: Lösung II, 50 ccm Kalk 5,0	410,0	210,4 (49 %)	100,38	58,1 (42,2 %)	rotbraun, trüb, schwach sauer.	nahezu klar und beinahe farblos, schwach alkalisch.
40	Ohne Aerierung: Lösung III, 50 ccm Kalk 5,0	410,0	223,2 (46 %)	100,38	59,5 (41 %)		
41	Ohne Aerierung: Ferr. sesquichlor. sicc. 0,5 Magnesiumsulf. 0,5 Kalk 5,0	410,0	189,6 (54 %)	100,38	68,6 (32 %)		
42	Ohne Aerierung: Eisenchlorid-Lösung 0,5 Magnesiumsulf. 0,5 Kalk 5,0	410,0	182,4 (56 %)	100,38	56,0 (44,3 %)		
43	Mit Aerierung: Lösung II, 50 ccm Kalk 5,0	410,0	152,8 (63 %)	100,38	45,5 (55 %)		
44	Mit Aerierung: Lösung III, 50 ccm Kalk 5,0	410,0	144,0 (65 %)	100,38	49,0 (51 %)		
45	Mit Aerierung: Ferr. sesquichlor. sicc. Magnesiumsulfat aa 0,5 Kalk 5,0	410,0	162,0 (60,5 %)	100,38	49,0 (51 %)		
46	Mit Aerierung: Eisenchloridlösung Magnesiumsulfat aa 0,5 Kalk 5,0	410,0	165,2 (60 %)	100,38	39,2 (61 %)		

Die eingeklammerten Zahlen bedeuten die erzielte Reinigung in Prozenten.

Tabelle No. 11.

No.		Reinigungsverfahren	Gesamt-Stickstoff in mg pro lit.		Beschaffenheit	
			ungereinigt	gereinigt	ungereinigt	gereinigt
47	Ohne Aerierung	Alumiumsulf., Eisensulf., Magnesiumsulfat aa 0,2 Kalk 4,0	68,2	36,4 (47 %)	gelbbraun, trüb, schwach sauer, Kartoffelgeruch	trüb, fast farblos alkalisch
48		Eisensulfat, Magnesiumsulfat aa 1,0 Kalk 4,0	68,2	28,0 (59 %)	"	ebenso, aber fast klar
49		Eisensulfat, Magnesiumsulfat aa 1,0 Kalk 4,0	68,2	29,4 (57 %)	"	"
50		Roeckner-Rothe Patentmittel 1,0 Kalk 4,0	68,2	29,2 (57,2 %)	"	"
51		Liquor ferri sesquichlorati, Aluminiumsulf., Eisensulf., Magnesiumsulfat aa 0,2 Kalk 5,0	68,2	24,5 (64 %)	"	klar, farblos, alkalisch
52		Liquor ferri sesquichlorati, Aluminiumsulf., Eisensulf., Magnesiumsulfat aa 0,3, Kalk 5,0	68,2	36,4 (47 %)	"	trüb, fast farblos, alkalisch
53		Chlorkalk 0,5, Aluminiumsulfat, Eisensulfat aa 0,5 Kalk 4,0	68,2	Die Bestimmung ging verloren	"	"
54	Mit Aerierung	wie No. 47	68,2	32,2 (53 %)	"	klar, farbl., alkalisch
55		wie No. 48	68,2	25,9 (62,1 %)	"	"
56		wie No. 49	68,2	28,0 (59 %)	"	"
57		wie No. 50	68,2	29,45 (57 %)	"	"
58		wie No. 51	68,2	30,8 (55 %)	"	"
59		wie No. 52	68,2	Die Bestimmung ging verloren	"	"
60		wie No. 53	68,2	33,6 (51 %)	"	"

Diese zweiten Versuche mit aeriertem Abwasser zeigten, wie bereits angedeutet wurde, nicht so auffallend, dass die Reinigung durch eine vorausgegangene Aerierung erleichtert wird. Eigentümlich erschien, dass Aluminiumsulfat, Magnesiumsulfat und Eisensulfat zusammen nicht so viel vermochten, wie die gleiche Menge der beiden letzteren allein. Ebensowenig konnte ich mir erklären, weshalb durch die doppelte Menge des Zusatzes an chemischen Fällungsmitteln nicht auch ein entsprechend höherer Reinigungseffekt erzielt wurde.

Wie das Ergebnis von No. 50 zeigte, scheint das Röckner-Rothe'sche Patentmittel auch für Stärkefabrikabwässer ein nicht ungeeignetes Reinigungsmittel zu sein. Bei No. 53 geschah ein Zusatz von Chlorkalk, um zu konstatieren, ob derselbe genügte, eine Zersetzung der gereinigten Abwässer zu verhindern. Es stellte sich auch heraus, dass nach vier Wochen bei diesem Abwasser noch keine Fäulnis aufgetreten war.

Die gereinigten Abwässer No. 48, 49, 50, 51 wiesen nach achttägigem Stehen bei Zimmertemperatur noch keinen faulen Geruch auf, während No. 47 und No. 52 in dieser Zeit sich vollkommen zersetzt hatten. Die aerierten Abwässer unterschieden sich in dieser Beziehung kaum merklich von den nicht aerierten.

Da angenommen wurde, dass die erforderliche Quantität chemischer Fällungsmittel nicht mit der Menge des Abwassers in gleichem Verhältnisse zunehme, wie es sich umgekehrt vielfach gezeigt hatte, wurde ein Versuch im Grossen gemacht.

Derselbe sollte zeigen, ob einer der im Kleinen gut ausgefallenen Versuche sich im Grossen auch bewährte, und andrerseits, ob die erforderlichen Mengen der Chemikalien sich für die Praxis nicht zu teuer stellten.

Zu diesem Zwecke liess ich einen flachen Holzbottich bauen, der einen sehr grossen Durchmesser hatte, aber nur 30 cm hoch war. Ich wählte diese Form, um die Verhältnisse im praktischen Betrieb, wie sie mit Klärbassins im Gebrauche sind, möglichst nachzuahmen. An einer Seite waren schief übereinander von 5 zu 5 cm Löcher gebohrt, so dass man das über dem Niederschlage stehende Wasser bequem in beliebiger Höhe abfliessen lassen konnte. Dieser Holzbottich fasste nahezu angefüllt 550 Liter Wasser. Das Kartoffelstärkeabwasser wurde so hergestellt, dass ein Zentner Kartoffeln sorgfältig gewaschen, dann zu einem Brei verstampft und mit Wasser angerührt, mehrere Stunden stehen gelassen wurde. Das klare Abwasser wurde in den oben beschriebenen Holzbottich abgegossen und der Kartoffelbrei von neuem wieder mit frischem Wasser angerührt. Dieses Verfahren wurde so oft wiederholt, bis 500 Liter Abwasser hergestellt waren. Auf diese Art glaubte ich am besten die Kartoffeln an wasserlöslichen Stoffen zu erschöpfen. Das fertige Abwasser stellte eine fast klare, dunkelrotbraun gefärbte Flüssigkeit dar, die stark schäumte, schwach sauer reagierte und intensiv nach frischen Kartoffeln roch. Zur Reinigung dieses Kartoffelabwassers wählte ich die Fällungsmittel, die sich bei allen meinen Versuchen am besten bewährt hatten, nämlich Magnesiumsulfat, Eisensulfat und offiz. Eisenchloridlösung. Von jedem dieser drei Körper wurden 30 g genommen und alle drei in zwei Liter Wasser gelöst. Nachdem diese Lösung mit dem Abwasser gründlich vermischt war, wurden nach etwa einer halben Stunde 200 g frisch gebrannter Kalk, der in der früher beschriebenen Weise mit zwei Liter Wasser angerührt war, zugesetzt.

Sofort entstand ein starker, grossflockiger Niederschlag, der sich in kurzer Zeit leicht absetzte. Nachdem der Niederschlag noch drei mal aufgerührt worden war, wurde nach ungefähr drei Stunden dem obersten Röhrchen

eine Probe entnommen. Das so gereinigte Wasser war klar, aber noch gelb gefärbt. Die chemische Untersuchung ergab folgendes:

Ungereinigtes Abwasser:	Sauerstoffverbrauch pr. lit. i. mg.			626,4
	Gesamtstickstoff	„	„	189,2
Gereinigtes Abwasser:	Sauerstoffverbrauch	„	„	380,0
	Gesamtstickstoff	„	„	139,6

Es wurde also der Sauerstoffverbrauch nur um ca. 40 % und der Stickstoffgehalt sogar nur um 27 % reduciert. Dieses eigentlich wenig günstige Resultat kam wahrscheinlich von der viel zu hohen Konzentration, die bei natürlichen Stärkeabwässern wohl nie erreicht werden wird. Das gereinigte Wasser zeigte nach 14 tägigem Stehen bei 20—30° einen stark fauligen Geruch. Die Reinigungskosten wurden bei diesem Verfahren auf etwa 3,6 Pfennige pro Kubikmeter bezeichnet.

Nun wurde noch ein zweiter Versuch unter den gleichen Verhältnissen gemacht, aber mit einem weniger konzentrierten Abwasser. Ausserdem kam die doppelte Menge an Chemikalien, also je 60 g zur Verwendung. Die Ergebnisse dieses Versuches waren bedeutend günstiger.

Ungereinigtes Abwasser:	Sauerstoffverbrauch i. mg. pr. ltr.			342,4
	Gesamtstickstoff	„	„	116,8
Gereinigtes Abwasser:	Sauerstoffverbrauch	„	„	121,7
	Gesamtstickstoff	„	„	56,1

Bei diesem Verfahren würden sich die Kosten auf etwa 7 Pfennige pro Kubikmeter belaufen.

Während beim ersteren Versuche nur ungefähr 27 % organische Stoffe ausgefällt wurden, war der Reinigungseffekt des letzteren Versuches 52 %.

Ob bei dem Preise von 7 Pfennig und bei dem zuletzt konstatierten Erfolge das angegebene Verfahren

für die Praxis genügte, gleichzeitig aber auch rentabel wäre, könnte nur durch öftere praktische Versuche in Kartoffelstärkefabriken mit natürlichem Abwasser entschieden werden. In beiden Versuchen wurde ein Teil des Abwassers, sowohl vor als nach der Reinigung, mittelst des Drahtnetzes aeriert, wodurch eine wesentliche Besserung aber nicht erzielt werden konnte. Obwohl das geklärte Abwasser des zweiten Versuches vollkommen farblos und klar war, trat dennoch in demselben nach 14 tägigem Stehen bei ca. 18° eine übelriechende Zersetzung auf.

Hieran anschliessend möchte ich noch bemerken, dass bei allen meinen Versuchen, die nicht mehr als 60 % der eiweissartigen Stoffe auszufällen vermochten, so lange keine Trübung oder gar Zersetzung auftrat, als noch Calciumhydroxyd in den Abwässern gelöst war. Sobald aber alles $Ca(OH)^2$ an der Luft in $CaCO^3$ übergegangen war, was immerhin bei dem verhältnismässig grossen Überschuss 8—14 Tage dauerte, zersetzte sich die Flüssigkeit sehr rasch. Es lag das offenbar daran, dass alle Bakterien durch die Ausfällung mit niedergerissen wurden und durch das gelöste $Ca(OH)^2$ im Wachstum gehemmt waren, aber nicht getötet wurden.

Enthielt nun aber die über dem Niederschlage stehende Flüssigkeit kein $Ca(OH)^2$ mehr, war also aller Kalk als $CaCO^3$ unlöslich zu Boden gefallen, so entwickelten sich die in dem Schlamm bis dahin geschützten Organismen rasch und bewirkten die fast immer beobachtete Zersetzung.

Bei den nichtbehandelten Abwässer wurde stets ein derartiger Zerfall der organischen Substanz schon nach ca. 24 Stunden, bisweilen sogar noch früher bemerkt. Derselbe war von einem sehr widerlichen Geruch begleitet. Im gleichen Masse, wie diese Zersetzung zunahm, wurde

das Abwasser unter Abscheidung eines gelbbraunen Bodensatzes immer heller an Farbe. Die so auf natürlichem Wege nahezu entfärbten Abwässer enthielten in der That, wie mehrere Versuche zeigten, nahezu 70% weniger organische Stoffe, als im frischen Zustande. Es wurden also offenbar durch die Thätigkeit von Organismen die gelösten organischen Stoffe zur Ausscheidung gebracht.

Bei Brüttemperatur konnte diese Wirkung sogar schon in viel kürzerer Zeit erreicht werden.

Es wurden nun Versuche gemacht, die Thätigkeit der Organismen insofern für die praktische Stärkeabwässerreinigung zu verwerten, als wie schon eingangs dieser Arbeit bemerkt wurde, in Zersetzung begriffene Abwässer der chemischen Reinigung viel zugänglicher sind, als frisch bereitete. Infolge dessen wurden dann auch erheblich geringere Mengen von Chemikalien gebraucht.

Zunächst wurde ein Kartoffelabwasser, welches aus 250 g Kartoffeln (auf 2,5 Liter Flüssigkeit) hergestellt war, in sechs Portionen geteilt, jede Portion zu 400 ccm. Es sollte nun dieses rotbraune, schwach sauer reagierende, frische Kartoffelabwasser mit einem alten verfaulten Abwasser, das einen rotbraunen Bodensatz von ungefähr 0,4 cm Höhe hatte, infiziert werden. Die einzelnen Proben wurden mit verschiedenen Quantitäten des faulen Wassers versetzt und bei verschiedenen Temperaturen unter Beobachtung der Zeit aufgestellt.

Ebenso wurden auch zwei Kontrollproben ohne den erwähnten Zusatz sowohl bei Zimmertemperatur als im Brütschrank bei 37° aufbewahrt.

Nach 12 Stunden wurden alle sechs Proben gröblich durch Watte filtriert und das Filtrat auf seinen Gesamtstickstoffgehalt geprüft. Auch hier konnten ausser Spuren von Ammoniak keine anorganische Stickstoffverbindungen

nachgewiesen werden, sodass der Stickstoffgehalt nur den organischen, eiweissartigen Verbindungen entstammen konnte. Die Ergebnisse dieser Versuche sind, wie folgt, tabellarisch zusammengestellt. (Tabelle No. 12.)

Tabelle No. 12.

No.	Behandlungsweise	Temperatur	Stickstoff-Gehalt incl. des betreff. Zusatzes in mg pro lit. sofort	Stickstoff-Gehalt incl. des betreff. Zusatzes in mg pro lit. nach 12 Stunden	Beschaffenheit sofort	Beschaffenheit nach 12 Stunden
61	400 ccm frisch bereitetes Abwasser werden mit 20 ccm faulem Abwasser versetzt	17°	91,7	56,3 (38,6%)	rotbraun, trüb, schwach sauer	gelblich trüb, brauner Bodensatz, neutral
62	ebenso bei	37°	91,7	24,0 (73,8%)	ebenso	hellgelb, trüb, brauner Bodensatz, neutral
63	400 ccm frisch bereitetes Abwasser werden mit 50 ccm faulem Abwasser versetzt	17°	91,3	28,0 (69,4%)	ebenso	fast *farblos*, trüb, neutral
64	ebenso bei	37°	91,3	22,1 (75,8%)	ebenso	ebenso
65	Kontrolle ohne Zusatz bei	17°	90,3	82,0 (9,2%)	schwach opalesc., rotbraun, schwach sauer	braun, trüb, neutral
66	ebenso bei	37°	90,3	70,0 (22,5%)	ebenso	braun, trüb, neutral

Aus vorstehender Tabelle ersieht man leicht, dass thatsächlich durch Infektion mit faulem Abwasser sehr viel rascher frische Kartoffelabwässer in das gewünschte Stadium der Zersetzung zu bringen sind. Die Versuche zeigen ferner, dass schon nach 12 stündigem Stehen bei Zimmertemperatur durch die Zersetzungsbakterien je nach der Stärke der Infektion (5 % oder 12 %) 38 bis 69 Procent der organischen Stoffe ausgeschieden werden. Es wäre also durch dieses Verfahren die Möglichkeit gegeben, die Stärkefabrikabwässer, die frisch aus der Fabrik kommen, in einem entsprechend grossen Bassin mit einem Zusatze von zersetztem alten Abwasser zu infizieren und einige Stunden stehen zu lassen. Es würde dann die Reinigung mit chemischen Fällungsmitteln sehr viel leichter und vollständiger vor sich gehen und somit auch bedeutend geringere Kosten verursachen.

Eine bakteriologische Untersuchung, die feststellen soll, welche Organismen es sind, die eine Zersetzung des Kartoffelabwassers bewirken, ist noch im Gange. Es schien mir nämlich nicht ausgeschlossen, mittelst einer Reinkultur der betreffenden Bakterien noch rascher zum Ziele zu kommen, als durch ein Gemisch von solchen, da für viele andere Fälle nachgewiesen ist, dass manche Bakterienarten das Wachstum anderer zu hemmen imstande sind.

Ich gedenke, die Ergebnisse dieser bakteriologischen Untersuchung, sowie die praktischen Versuche in Fabriken an anderer Stelle bekannt zu geben.

Schluss.

Die Ergebnisse der vorstehenden Arbeit möchte ich in folgenden Sätzen zusammenfassen:

1. Weder eine Oxydierbarkeitsprüfung noch eine Rückstandsbestimmung eignet sich zur richtigen Beurteilung eines Reinigungsverfahrens von Stärkeabwässern.

2. Nur eine Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl ist zu diesem Zwecke sehr wertvoll, weil sie auch bei sehr geringem Stickstoffgehalte zuverlässige Resultate giebt.

3. Je reicher ein Kartoffelstärkeabwasser an gelösten organischen Stoffen ist, um so mehr schäumte es beim Schütteln.

4. Durch geeignete Zusammenstellung chemischer Fällungsmittel, wie Magnesiumsulfat, Eisenchlorid und Eisensulfat zu ungefähr 0,01 % und darauffolgenden Zusatz von Kalkhydrat bis zur Alkalescenz ist es möglich, in Stärkeabwässern von nicht zu starker Konzentration nicht nur alle suspendierten, sondern auch mindestens 50 % der gelösten organischen Stoffe zur Ausscheidung zu bringen.

5. Durch Aerieren der Stärkefabrikabwässer wird im Allgemeinen der Reinigungseffekt nur unbedeutend erhöht.

6. Ein in Zersetzung begriffenes Abwasser ist der chemischen Reinigung bedeutend zugänglicher als ein frisch bereitetes.

7. Die Kosten für die chemische Reinigung der Kartoffelstärkeabwässer belaufen sich pro cbm auf ca 7 Pf.

8. Es ist möglich, diese Kosten nach dem oben besprochenen Verfahren etwa auf die Hälfte zu reduzieren (also 3,5 Pf. pro cbm).